

Главным выводом по результатам испытаний АД с ротором без короткозамыкающих колец является то, что продольный ток в магнитопроводе ротора имеет место и его величина составляет $(6\div 30)\%$ тока в клетке ротора, а величина пускового момента, создаваемого им, равна 60% номинального $M_{\text{п}}$.

1. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.

2. Капустин Г.В., Финкельштейн В.Б., Чебанюк В.К. Продольный ток в магнитопроводе ротора асинхронного двигателя // Технічна електродинаміка. – 1999. – №4. – С.60- 66.

3. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 592 с.

Получено 26.02.2007

УДК 656.13.081

Е.А.РЕЙЦЕН, канд. техн. наук, А.В.ТОЛОК

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ВЛИЯНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматривается влияние градостроительных факторов на безопасность движения в городах. Определены показатели, в которых можно выразить эти факторы. Для городов Донецкой области получены математические модели, которые описывают зависимость показателей безопасности движения от демографических и планировочных параметров города.

Город должен быть не только удобным, красивым и экономичным в строительстве и эксплуатации, но и безопасным для движения пешеходов и транспорта. Из всех систем, с которыми жителям городов приходится сталкиваться повседневно, система городского движения является наиболее сложной и наиболее опасной. Поэтому проблема предупреждения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в городах имеет особую актуальность. Чтобы решить эту проблему, необходимо выявить взаимосвязь между аварийностью и градостроительными факторами, влияющими на безопасность движения (БД). Это впоследствии станет одним из важных шагов в решении вопросов реконструкции городов.

Попытки оценить возможное состояние БД в будущем свелись к установлению закономерностей между ДТП в агломерациях и планировочными, демографическими и дорожно-транспортными факторами.

В работе [1] после первичной обработки и исследования данных о ДТП в отдельных районах Литовской ССР признано целесообразным для определения величины коэффициента относительной аварийности

в зависимости от планировочных и дорожно-транспортных показателей использовать многофакторную степенную модель. Было получено окончательное уравнение многофакторного коэффициента аварийности в виде:

$$K_i = e^{a_0} S_i^{a_1} P_i^{a_2} (N_S L_S)^{a_3} (N_R L_R)^{a_N}, \quad (1)$$

где S_i – площадь района, км²; P_i – количество жителей в районе; N_S – интенсивность движения на дорогах общегосударственного значения, авт./сут.; L_S – протяженность дорог общегосударственного значения в районе, км; N_R – интенсивность движения на дорогах республиканского значения, авт./сут.; L_R – протяженность дорог республиканского значения, км.

Установлено, что увеличение коэффициента аварийности прямо пропорционально увеличению количества жителей в исследуемом районе. Это объяснялось тем, что в больших районах обычно расположены крупные города с большим количеством жителей, значительной протяженностью дорог и высокой интенсивностью движения на основных дорогах.

В работе [2] для городов Польши при статистическом анализе данных использован метод регрессии. Полученные регрессионные модели имеют вид:

$$Y_1 = 0,0859 X_2 + 0,0897 X_{10} + 0,0082 X_{13} + 0,0009 X_{18} - 10,7775; \quad (2)$$

$$Y_2 = 0,0765 X_2 + 0,0489 X_9 + 0,0054 X_{12} + 0,0003 X_{18} + 4,7621; \quad (3)$$

$$Y_3 = 0,3253 X_2 + 0,3823 X_{10} - 0,2982 X_{12} - 0,0076 X_{18} + 92,4850; \quad (4)$$

$$Y_4 = 0,0003 X_1 + 0,0015 X_{10} - 0,0010 X_{12} - 0,0001 X_{18} + 0,6194, \quad (5)$$

где Y_1 – количество ДТП за год в расчете на 100 км²; Y_2 – количество ДТП за год в расчете на 10 тыс. человек населения; Y_3 – количество ДТП за год в расчете на 10 тыс. автомобилей; Y_4 – количество ДТП за год в расчете на 1 млн. авт.-км государственных дорог; X_1 – численность населения на 1 км²; X_2 – процент городского населения; X_9 – процент улиц с твердым покрытием, вычисляемый от общей длины общественных дорог и улиц с твердым покрытием; X_{10} – длина общественных дорог и улиц с твердым покрытием на 100 км²; X_{12} – число автомобилей на 1 тыс. жителей; X_{13} – число автомобилей на 100 км²; X_{18} – среднегодовое суточное движение в реальных автомобилях по государственной дорожной сети.

В уравнениях (2) и (3) все коэффициенты регрессии имеют положительные знаки, т.е. увеличение или уменьшение каждой из объясняющих переменных приводит также к увеличению или уменьшению

зависимых переменных Y_1 и Y_2 .

Из уравнений (4) и (5) следует (принцип, подтвержденный многими исследованиями по БД), что показатели ДТП, измеряемые в расчете на определенный объем перевозок и определенное число зарегистрированных автомобилей, имеют тенденцию уменьшаться при повышении уровня автомобилизации данной территории и увеличении интенсивности движения.

Вопрос влияния планировки сети городских магистралей на аварийность в городах Великобритании рассмотрен в работе [3]. На рис.1 приведены средние значения показателей опасности для некоторых городов Англии. Из этого примера видно, что размер города не оказывает большого влияния на безопасность движения.

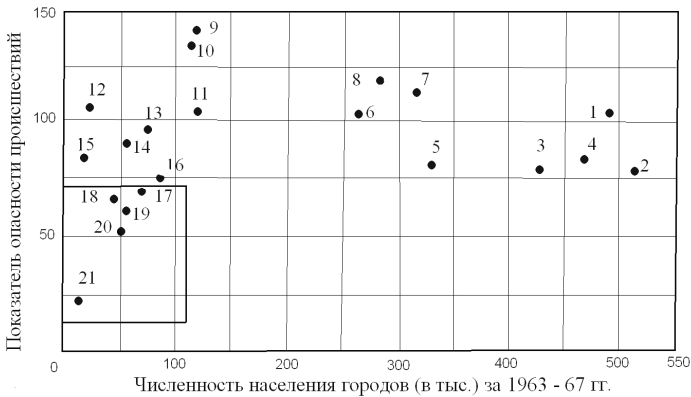


Рис.1 – Зависимость средней величины показателя опасности происшествий от количества жителей в населенных пунктах (рамкой обведены новые города): 1 – Шеффилд, 2 – Лидс, 3 – Бристоль, 4 – Эдинбург, 5 – Ковентри, 6 – Кардифф, 7 – Ноттингем, 8 – Лейчестер, 9 – Оксфорд, 10 – Йорк, 11 – Норвич, 12 – Ньюбери, 13 – Честерфилд, 14 – Менсфилд, 15 – Грэнгемаус, 16 – Бас, 17 – Басилдон, 18 – Корби, 19 – Стивенейдж, 20 – Ист Килбрайд, 21 – Кумбернолд.

Исследования, проведенные в Норвегии, показали, что в норвежских городах существует четкая взаимосвязь между плотностью застройки и интенсивностью движения (рис.2) [4]. Выявлено, что при уменьшении плотности застройки с 600 до 300 м² на жителя величина пробега автомобилей на одного жителя в год сокращается приблизительно на 33%. Это дает сокращение ожидаемого количества происшествий на 30%.

В работе [5] получены зависимости между плотностью ДТП и интенсивностью движения, которые выражаются формулой

$$Y = \alpha \times X^{\beta}, \quad (6)$$

где Y – плотность происшествий, количество ДТП на 1 км улиц в год; X – среднесуточная годовая интенсивность движения; α – постоянный коэффициент; β – показатель степени, изменяющийся от -1 до $+2$.

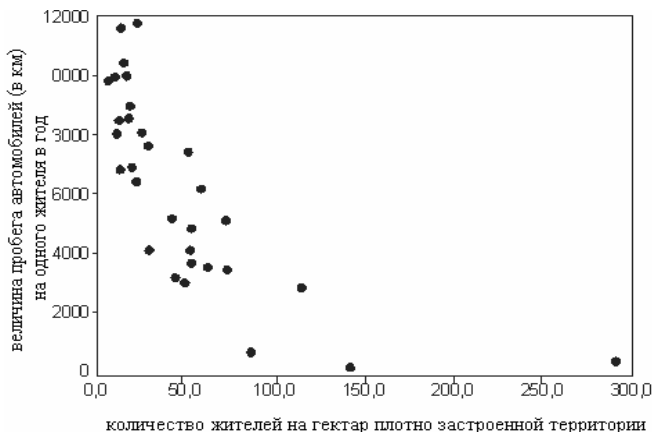


Рис.2 – Взаимосвязь между плотностью населения и величиной пробега автомобилей на одного жителя в год в 32 городах Норвегии

Наблюдения, проведенные за рубежом, показали, что число жертв автомобильного движения увеличивается с ростом автомобильного парка и населения. В середине прошлого века Р.Смид (Англия) установил корреляционную зависимость между количеством ДТП со смертельным исходом, приходящимся на 100 тыс. жит. (d), и уровнем автомобилизации (n). В общем случае формулу Р.Смида можно представить в виде:

$$d = k\sqrt[3]{n}. \quad (7)$$

В работе [6] выполнен расчет коэффициента k для городов Донецкой области. Например, для Донецка и Мариуполя коэффициент k составляет соответственно 1,4 и 0,9. Полученные значения k и должны учитываться при проведении прогноза аварийности в этих городах.

Приведенные выше исследования свидетельствуют о чрезвычайной актуальности обозначенной проблемы. Однако рассмотренные зависимости в большей степени ориентированы на большие административные районы и базируются на обширных материалах наблюдений за интенсивностью движения в них, что делает их ограниченными для практического применения при оценке БД в городах, либо носят одно-

сторонний характер и учитывают влияние на БД одного из градостроительных факторов. Это указывает на необходимость дальнейших исследований в области БД в городах и систематизации уже известных результатов для совершенствования процесса градостроительного проектирования.

Целью данной работы является получение относительно простых, применимых на практике моделей, описывающих зависимость между показателями безопасности движения в городах и градостроительными факторами, влияющими на безопасность движения.

В начале предостережем от иллюзий о получении путем моделирования точных количественных прогнозов таких показателей, как уровень БД в городах, и о хорошем совпадении найденных при этом результатов со статистикой. Это объясняется чрезвычайной сложностью исследуемых объектов (городов), делающих принципиально невозможным точные количественные оценки показателей БД. Однако даже приближенное количественное определение базовых показателей безопасности и риска движения в городе, необходимое для ориентировочной оценки и сравнения различных альтернативных градостроительных проектов, безусловно, оправдано.

Для получения количественной характеристики изменения показателей БД под влиянием градостроительных факторов в выборку включено 16 единиц наблюдения – города Донецкой области с населением свыше 50 тыс. чел. Исследуемый материал для указанных городов состоял из статистических данных за 11 летний период (с 1994 по 2004 гг.), собранных в Главном управлении статистики в Донецкой области и в Госавтоинспекции УМВС Украины в Донецкой области.

Ранее в работе [7] нами была предложена классификация градостроительных факторов, влияющих на БД в городах. Среди этих факторов выделяем внешние и внутренние общеградостроительные: факторы, формирующие движение, и факторы, связанные с планировочной структурой УДС.

Показатели, в которых можно выразить приведенные выше факторы и которые будем учитывать при моделировании, следующие:

а) внешние факторы: X_1 – сумма внешних автомобильных связей города (учитывались входы в город национальных, региональных и территориальных дорог); X_2 – доля населения горсовета, проживающего в исследуемом городе, %; X_3 – доля улиц с транзитным движением от общей длины улиц города с усовершенствованным покрытием (асфальтобетон или цементобетон), %; X_4 – плотность связи между населенными пунктами в горсовете; определяли как отношение плотности населения в целом по горсовету к плотности населения города;

б) факторы, формирующие движение: X_5 – численность населения города, тыс. чел.; X_6 – количество зарегистрированных в городе легковых автомобилей; X_7 – плотность населения города; X_8 – уровень автомобилизации в городе в легковых автомобилях; X_9 – число легковых автомобилей на 1 км улиц с усовершенствованным покрытием; X_{10} – число всех автомобилей, зарегистрированных в городе, на 1 км улиц с усовершенствованным покрытием; X_{11} – число легковых автомобилей на 1 км² улиц с усовершенствованным покрытием; X_{12} – число всех автомобилей, зарегистрированных в городе, на 1 км² улиц с усовершенствованным покрытием; X_{13} – число легковых автомобилей на 1 км² площади города;

в) факторы, связанные с планировочной структурой УДС: X_{14} – площадь города, км²; X_{15} – индекс формы территории города, с [8]:

$$X_{15} = 4S / \pi l^2, \quad (8)$$

где S – площадь города, км²; l – длина наибольшей оси города, км; X_{16} – доля территории города под застройкой, %; X_{17} – линейная плотность УДС, км/км²; X_{18} – квадратичная плотность УДС, %; X_{19} – средняя ширина улиц с усовершенствованным покрытием, м; X_{20} – обеспеченность улиц тротуарами, км тротуара / км улиц; X_{21} – средняя ширина тротуара, м; X_{22} – обеспеченность населения УДС, км / тыс. жит.; X_{23} – линейная плотность тротуаров, км/км²; X_{24} – квадратичная плотность тротуаров, %.

Среди возможных показателей градостроительных факторов учитывались только те, которые непосредственно имеются в статистических данных либо могут быть получены расчетом на основании этих данных. Таким образом, среди многочисленных показателей оказалось возможным учесть лишь небольшое их количество. Однако отброшенные показатели часто оказываются отображенными в оставшихся. Например, в [9] было установлено, что такой показатель как частота передвижений населения:

- растет по мере увеличения радиуса территории города;
- сокращается при увеличении плотности населения в городе;
- различие между городами в частоте передвижений объясняется формой города.

Поэтому считаем, что применение ограниченного количества показателей не снижает ценности модели.

В качестве зависимых переменных, характеризующих состояние БД в городах, были приняты: Y_1 – количество ДТП за год в расчете на 1000 легковых автомобилей (риск движения); Y_2 – количество ДТП за год в расчете на 1000 жителей города (риск здоровью).

Следующим шагом моделирования явилось установление связи между выделенными показателями путем построения матрицы парных корреляций. Если парный коэффициент корреляции превышал 0,8 (с уровнем значимости 0,05), один из показателей исключали. Таким образом были исключены следующие показатели: $X_6, X_9, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{20}, X_{22}$. Здесь и далее расчеты выполнялись на ПЭВМ с использованием программы STATISTICA в среде Windows.

Для дальнейших расчетов были введены частные коэффициенты аварийности K_i , учитывающие влияние каждого отдельного показателя на безопасность движения в городе. Методом регрессии были рассчитаны зависимости коэффициентов аварийности от соответствующих показателей отдельно для зависимых переменных Y_1 и Y_2 (табл. 1).

Таблица 1 – Частные коэффициенты аварийности

Частные коэффициенты	Зависимости для определения частных коэффициентов аварийности	
	Y_1 , ДТП/1000 легк. авт.	Y_2 , ДТП/1000 жит.
K_2	$K_2 = 2,3697 - 1,431X_2$	$K_2 = 2,036 - 1,0289X_2$
K_4	$K_4 = 2,0474 - 1,6774X_4 + 0,8066X_4^2$	
K_5	$K_5 = 1,2161 - 0,0005X_5$	
K_7	$K_7 = 1,6122 - 0,4805X_7 + 0,1278X_7^2$	$K_7 = 1,6809 - 0,4636X_7 + 0,1246X_7^2$
K_8	$K_8 = 2,985 - 0,0175X_8$	
K_{10}	$K_{10} = 1,8114 - 0,0043X_{10}$	$K_{10} = 1,259 - 0,0036X_{10} + 1,964 \cdot 10^{-5} X_{10}^2$
K_{14}	$K_{14} = 1,486 - 0,003X_{14} + 8,129 \cdot 10^{-6} X_{14}^2$	
K_{15}	$K_{15} = 2,2677 - 2,2377X_{15} + 1,3056X_{15}^2$	
K_{16}		$K_{16} = 1,887 - 0,0192 + 0,0002X_{16}^2$
K_{17}	$K_{17} = 1,518 - 0,3034X_{17} + 0,0644X_{17}^2$	
K_{18}	$K_{18} = 1,1582 - 0,081X_{18} + 0,0381X_{18}^2$	$K_{18} = 0,9675 + 0,0849X_{18}$
K_{19}	$K_{19} = 0,7814 + 0,0419X_{19}$	$K_{19} = -0,3904 + 0,286X_{19} - 0,0102X_{19}^2$
K_{23}		$K_{23} = 1,4998 - 0,1829X_{23} + 0,0429X_{23}^2$
K_{24}	$K_{24} = 1,0368 + 0,9055X_{24} - 0,4251X_{24}^2$	$K_{24} = 0,817 + 0,8236X_{24} - 0,3579X_{24}^2$

Получить зависимость для некоторых частных коэффициентов

аварийности от соответствующих показателей не удалось. Поэтому в табл.1 они отсутствуют.

Ниже приведен пример получения регрессионной зависимости для одного из коэффициентов аварийности – K_8 по зависимой переменной Y_I .

Всю совокупность имеющихся статистических данных по показателю X_8 (уровень автомобилизации населения) разбиваем на интервалы. Для каждого интервала определяем среднее значение уровня автомобилизации и соответствующее ему среднее для интервала значение Y_I (табл.2).

Таблица 2 – Расчет частного коэффициента аварийности K_8

Среднее значение X_8	Среднее значение Y_I	Коэффициенты аварийности K_8
54,5717	11,1533	1,9682
61,1191	10,9509	1,9325
68,9760	10,7080	1,8896
76,7133	10,0283	1,7697
81,2438	9,0850	1,6032
83,9620	8,5190	1,5033
93,2600	6,7755	1,1957
96,4021	6,5947	1,1638
100,7225	6,3463	1,1199
109,0363	6,2525	1,1034
113,5664	6,0014	1,0591
119,6067	5,6667	1

Интервалу с минимальным значением Y_I присваиваем значение коэффициента аварийности K_8 , равное 1. Коэффициент аварийности для оставшихся интервалов получаем как частное от деления соответствующего интервалу значения Y_I на минимальное значение Y_I . На рис.3 представлена зависимость K_8 от X_8 .

Окончательные модели устанавливались методом множественной регрессии и имеют вид:

$$Y_1 = 13,8897 + 6,5306K_8 - 7,8585K_{10} - 5,7083K_{14} - 13,8159K_{15} + 5,6042K_{18} + 11,1625K_{24}; \quad (9)$$

$$Y_2 = -2,5621 + 0,3417K_7 + 1,46114K_{10} + 0,47822K_{19} + 0,44607K_{24}. \quad (10)$$

Проверка адекватности моделей осуществлялась по коэффициенту корреляции (R), коэффициенту множественной детерминации (R^2), коэффициенту аппроксимации ($MAPE$), критерию Фишера (F) и критерию Стьюдента (t) (табл.3).

По критериям F и t подтверждена значимость коэффициентов регрессии в полученных моделях. По R^2 : (9) – связь достаточно силь-

ная, (10) – связь средняя. По *MAPE* качество регрессионных моделей хорошее и достаточное для целей градостроительного проектирования.

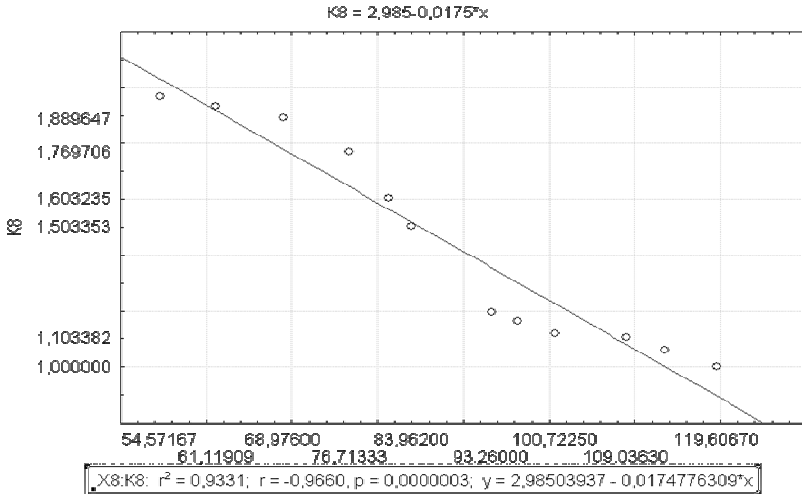


Рис.3 – Зависимость K_8 от X_8

Таблица 3 – Проверка адекватности моделей

Модель	R	R^2	$MAPE$	F	t
Y_1	0,7783	0,606	15,12%	$F(6,173)=44,3$	$t(173)=3,375$
Y_2	0,703	0,495	13,1 %	$F(4,175)=42,8$	$t(175)=6,04$

Преобразуем формулы (9) и (10) путем замены переменных соответствующими зависимостями из табл.1. Получим:

$$Y_1 = 16,8474 - 0,1143 \frac{A}{N} + 0,0338 \frac{A}{nL} - 46,4045 \cdot 10^{-6} (S - 172,3971)^2 - 29,242 \left(\frac{S}{l^2} - 0,6731 \right)^2 + 2135 \left(\frac{S_{удс}}{S} - 0,01063 \right)^2 - 47452 \left(\frac{S_{тп}}{S} - 0,01065 \right)^2, \quad \frac{ДТП}{1000 \text{ легк.авт.}}; \quad (11)$$

$$Y_2 = 0,8051 + 0,0426 \left(\frac{N}{S} - 1,8592 \right)^2 + 2,8689 \cdot 10^{-5} \left(\frac{A}{nL} - 91,6728 \right)^2 - 4900 \left(\frac{S_{удс}}{L} - 0,01394 \right)^2 - 1596 \left(\frac{S_{тп}}{S} - 0,01151 \right)^2, \quad \frac{ДТП}{1000 \text{ жит.}}; \quad (12)$$

где A – количество зарегистрированных в городе легковых автомобилей, ед.; n – доля легковых автомобилей от общего парка автомобилей в городе; L – длина улиц с усовершенствованным покрытием, км; N – численность населения в городе, тыс. чел; S – площадь города, км²; l – длина наибольшей оси города, км; $S_{удс}$ – площадь улиц с усовершен-

ствовавшим покрытием, км^2 ; $S_{\text{тр}}$ – площадь пешеходных дорожек и тротуаров, км^2 .

Таким образом, полученные математические модели подтверждают количественную зависимость показателей БД от демографических и планировочных параметров города и позволяют установить характер этих зависимостей. В процессе обобщения выявлены общие черты, присущие всем городам Донецкой области.

Модели не претендуют на объяснение причин аварийности и могут служить лишь орудием прогнозирования последствий различных градостроительных решений. Они могут быть использованы и для проверки правильности градостроительных нормативов. Полученные модели достаточно адекватны, они далеко не идеальны. Отклонения действительных показателей БД от вычисленных при моделировании требуют обязательного внимания к себе – здесь ключ к другим действующим факторам или указания на роль случайных явлений.

Безусловно, в каждом конкретном городе при проектировании необходимо учитывать его специфику и индивидуальность. В связи с этим необходима разработка вспомогательных моделей, которые бы учитывали эти особенности городов.

1.Палшайтис Р.Э. Влияние на аварийность характеристик дорожной сети и ее загрузки движением на пригородных участках дорог Литовской ССР // Тез. докл. и сообщ. V Всесоюзн. науч.- техн. конф. «Пути повышения безопасности дорожного движения». – Вильнюс, 1985. – С.48-50.

2.Podkowicz C. Wplyw wybranych cech zagospodarowania przestrzenne I nechu na wypadki drogowe // Drogownictwo. – No. 4 – 5. – С. 98-100.

3.Рэймонд С., Константин Т. Влияние планировки сети городских дорог на аварийность // Дорожные условия и безопасность движения: Тр. Моск. автомобильно-дорожного ин-та. Вып.52. – М.: МАДИ, 1972. – С. 54- 62.

4.Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения: Пер. с норв. / Под ред. проф. В.В.Сильянова. – М.: МАДИ(ГТУ), 2001. – 754 с.

5.Рейцен Е.А. Автомобилизация и безопасность городского движения // В помощь проектировщику-градостроителю. Автомобилизация и проблемы градостроительства. – К.: Будівельник, 1975. – С.26-30.

6.Рейцен Е.А., Толок А.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий в городах // Містобудування та територіальні планування. – К.: КНУБА, 2006. – №23. – С.232-238.

7.Рейцен Е.А., Толок А.В. Градостроительное проектирование – основа обеспечения безопасности движения // Містобудування та територіальні планування. – К.: КНУБА, 2005. – №22. – С. 305-311.

8.Крестмейн М.Г. Построение и классификация систем магистральных улиц центров городов // Градостроительство. Вып. 35. – К.: Будівельник, 1983. – С.78 – 84.

9.Мерлен П. Город. Количественные методы изучения: Пер. с франц. О.К.Парчевского / Под ред. Ю.В. Медведкова. – М.: Прогресс, 1977. – 262 с.

Получено 23.02.2007